



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 44 32 576.2  
㉔ Anmeldetag: 13. 9. 94  
㉕ Offenlegungstag: 14. 3. 98

DE 44 32 576 A 1

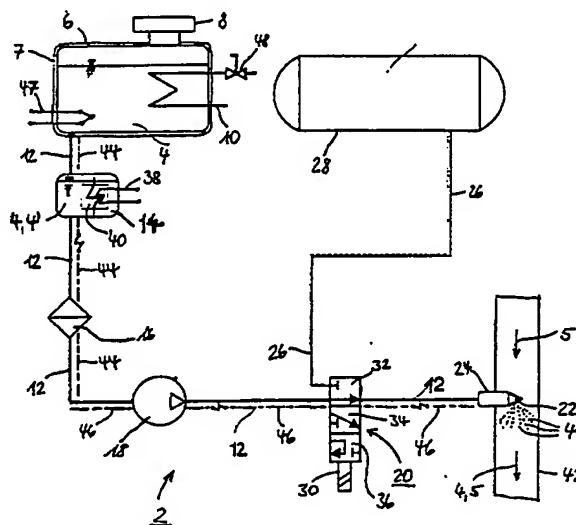
㉑ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

㉒ Erfinder:  
Hofmann, Lothar, Dipl.-Ing., 96224 Burgkunstadt, DE;  
Neufert, Ronald, Dr., 96215 Lichtenfels, DE; Mathes,  
Wieland, 96247 Michelau, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉓ Einrichtung zur Einbringung einer Flüssigkeit in ein Strömungsmedium

㉔ Die von einem mit Luftüberschuß betriebenen Verbrennungsmotor emittierten Stickoxide werden üblicherweise nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion durch Kontaktierung der Stickoxide zusammen mit Ammoniak an einem selektiven Katalysator umgesetzt. In einem Fahrzeug muß Ammoniak aufgrund der mit dem Ammoniak-einsatz verbundenen Gefahren in Form einer ammoniakfrei-setzenden Substanz, meist einer wäßrigen Harnstofflösung, mitgeführt werden. Das von der Erfindung gelöste Problem besteht in der Vermeidung von Frostschäden an Teilen der Abgasreinigungsanlage während der Stillstandszeiten und in dem Ermöglichen des Betriebs solcher Anlagen bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes der verwendeten Reduktionsmittellösung. Hierzu sieht die Erfindung vor, daß die Einrichtung (2) einen thermisch isolierten Vorratsbehälter (6) für die Reduktionsmittelflüssigkeit (4) und eine daran angeschlossene Flüssigkeitszuführungsleitung (12), die in einer Austrittsöffnung (22) für die Flüssigkeit (4) endet, umfaßt, wobei der Vorratsbehälter (6) und die Flüssigkeitszuführungsleitung (12) beheizbar sind, und wobei eine Heizung (38) zur Verflüssigung eines im Bezug zum Volumen des Vorratsbehälters (6) kleinen Startvolumens vorgesehen ist.



DE 44 32 576 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur Einbringung einer Flüssigkeit in ein Strömungsmedium mit einem Vorratsbehälter für die Flüssigkeit und einer daran angeschlossenen Flüssigkeitszuführungsleitung, die in einer Austrittsöffnung für die Flüssigkeit endet.

Zur Verminderung der in einem Abgas eines Verbrennungsmotors enthaltenen Schadstoffe, im besonderen der Stickoxide, hat sich für Verbrennungsmotoren, die mit einem Luftüberschuß betrieben werden, wie z. B. Diesel- und Magermotoren, das System des geregelten Dieselskatalysators (GDK) als bisher vorteilhafteste Technik erwiesen. Diese im wesentlichen auf dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion (SCR) beruhende Technik ist mittlerweile aus zahlreichen Veröffentlichungen und Patentanmeldungen, z. B. aus den deutschen Patentanmeldungen P 43 09 891.6, P 43 10 926.8 und P 43 15 278.3, bekannt.

Beim SCR-Verfahren werden die Stickoxide zusammen mit Ammoniak an einem selektiven Katalysator kontaktiert und katalytisch zu umweltunbedenklichem Stickstoff und Wasser umgesetzt. Es ist weiter bekannt, daß bei dem GDK-System Ammoniak aufgrund der mit dem Ammoniak Einsatz verbundenen Gefahren, wie z. B. seine Giftigkeit und die durch Ammoniak hervorgerufene Geruchsbelästigung, nicht im Fahrzeug mitgeführt werden darf. Das zur katalytischen Umsetzung der Stickoxide erforderliche Reduktionsmittel wird anstelle des Ammoniaks in Form einer wäßrigen Harnstofflösung im Fahrzeug mitgeführt. Aus dieser wäßrigen Harnstofflösung kann der Ammoniak durch Hydrolyse der Harnstofflösung in der augenblicklich gerade zur Umsetzung der Stickoxide benötigten Menge erzeugt werden.

Es ist ein Vorteil der in wäßrigen Lösungen vorliegenden ammoniakfreisetzenden Substanzen, wie z. B. Harnstoff, daß die Bevorratung, die Handhabung, die Förder- und Dosierbarkeit technisch besonders einfach zu lösen sind. Ein gravierender Nachteil dieser wäßrigen Lösungen besteht darin, daß in Abhängigkeit von der Konzentration der gelösten Substanz die Gefahr des Einfrierens bei bestimmten Temperaturen besteht.

Eine einfache Zugabe eines Frostschutzmittels scheitert daran, daß für derartige wäßrige Lösungen kein Frostschutzmittel bekannt ist, das bei wirtschaftlicher Dosierung eine nennenswerte Absenkung des Gefrierpunktes der wäßrigen Lösung bewirkt. Zudem besteht bei der Verwendung eines zusätzlichen Stoffes, wie z. B. eines Frostschutzmittels, im allgemeinen die Gefahr, daß im Zusammenhang mit der Anwendung eines Reduktionsmittels in Abgasreinigungsanlagen unerwünschte Nebenprodukte entstehen, die zusammen mit dem Abgas emittiert werden. Aus diesem Grunde können Frostschutzmittel in einem solchen Verfahren zur Abgasreinigung nicht eingesetzt werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Vermeidung des Einfrierens der wäßrigen Lösung und zur Vermeidung von Frostschäden ist grundsätzlich die Beheizung der reduktionsmittelführenden Teile der Abgasreinigungsanlage. Bei mobilen Anwendungen, speziell in Nutzfahrzeugen (LKW), Lokomotiven und Schiffen — soweit diese nicht mit eigener Energieversorgung versehen sind —, steht jedoch die dazu notwendige elektrische Energie, insbesondere während längerer Stillstandszeiten, nicht zur Verfügung. So müßte beispielsweise bei einem LKW ein Volumen von etwa 100 l wäßriger Harnstofflösung vor dem Einfrieren geschützt werden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, Frostschäden an Teilen einer Abgasreinigungsanlage für den mobilen Einsatz in Fahrzeugen während der Stillstandszeiten zu vermeiden und den Betrieb einer solchen Anlage bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes der verwendeten Reduktionsmittellösung zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Einrichtung zur Einbringung einer Flüssigkeit in ein Strömungsmedium mit einem thermisch isolierten Vorratsbehälter für die Flüssigkeit und einer daran angeschlossenen Flüssigkeitszuführungsleitung, die in einer Austrittsöffnung für die Flüssigkeit endet, vorgesehen ist, wobei der Vorratsbehälter und die Flüssigkeitszuführungsleitung beheizbar sind, und wobei eine Heizung zur Verflüssigung eines im Bezug zum Volumen des Vorratsbehälters kleinen Startvolumens vorgesehen ist.

Auf diese Weise ist es möglich, Frostschäden am Vorratsbehälter und an der Flüssigkeitszuführungsleitung zu vermeiden. Des weiteren kann die Einrichtung, die vorzugsweise Bestandteil einer Abgasreinigungsanlage eines Nutzfahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor, insbesondere einem mit Luftüberschuß betriebenen Verbrennungsmotor, ist, auch nach längeren Stillstandszeiten des Nutzfahrzeugs bei Außentemperaturen unterhalb des Gefrierpunktes der Flüssigkeit wieder besonders schnell in Betrieb genommen werden, weil selbst bei ausgefrorener Flüssigkeit nur eine geringe Heizleistung zur Verflüssigung des Startvolumens benötigt wird. So ist beispielsweise in einem Lastkraftwagen ein Startvolumen von bis zu 2 l vorstellbar. Demgegenüber weist dann der Vorratsbehälter für die Flüssigkeit, hier eine wäßrige Harnstofflösung, ein Volumen etwa 50 bis 100 l auf.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird das Startvolumen in einem separaten Behälter bevorratet. Hierdurch ist eine weitgehende thermische Entkopplung des Startvolumens von dem im Vorratsbehälter befindlichen Flüssigkeitsvolumen erreicht. Aufgrund dieser weitgehenden Entkopplung ist zum Auftauen des Startvolumens nur eine vergleichsweise geringe Heizleistung erforderlich, so daß zur Beheizung des Startvolumens in vorteilhafter Weise eine elektrische Heizung vorgesehen sein kann.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann der Vorratsbehälter und die Flüssigkeitszuführungsleitung mittels eines flüssigen Heizmediums beheizbar sein. Bei der Verwendung der Einrichtung in einem Nutzfahrzeug mit einem mit Luftüberschuß betriebenen Verbrennungsmotor kann beispielsweise das Kühlmittel des Verbrennungsmotors zur Beheizung des Vorratsbehälters und der Flüssigkeitszuführungsleitung verwendet werden. Dies bedeutet im einzelnen, daß bei einer derart betriebenen Heizung keinerlei elektrische Zusatzenergie von der Bordbatterie des Nutzfahrzeugs bereitgestellt werden muß, mit Ausnahme geringer Energiemengen, beispielsweise zur Einstellung einer geeigneten Kühlmittelrate.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung sind dem Vorratsbehälter Mittel zur Temperaturüberwachung und/oder Thermostatisierung zugeordnet. Auf diese Weise ist es möglich, die im Vorratsbehälter befindliche Flüssigkeit beispielsweise nicht zu überhitzen oder lokal zu verdampfen. Unter Mitteln zur Temperaturüberwachung werden Temperatursensoren, wie z. B. Thermoelemente, Widerstandsthermometer und ähnliches, verstanden. Mittel zur Thermostatisie-

rung sind beispielsweise ein mit dem Kühlmittel des Verbrennungsmotors beheizter Wärmetauscher, wobei die pro Zeiteinheit den Wärmetauscher durchströmende Kühlmittelmenge mittels eines einstellbaren Ventils gesteuert wird. Das einstellbare Ventil kann dabei beispielsweise direkt oder indirekt durch die Signale der Mittel zur Temperaturüberwachung gesteuert werden.

Um während der Stillstandszeiten eines Nutzfahrzeugs bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes der Flüssigkeit, z. B. einer wäßrigen Harnstofflösung, Frostschäden an der Einrichtung sicher zu vermeiden, kann es vorgesehen sein, daß in der Flüssigkeitszuführungsleitung ein Rückspül-Ventil vorgesehen ist, das mit einem unter Druck stehenden Gas beaufschlagbar ist. Auf diese Weise werden die Flüssigkeitszuführungsleitung und andere in der Flüssigkeitszuführungsleitung angeordnete Komponenten frei von Flüssigkeit gehalten, die ansonsten durch die beim Einfrieren auftretende Volumenvergrößerung Schäden verursachen würde.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Figur näher erläutert. Die Figur zeigt in schematischer Darstellung eine Einrichtung 2 zur Einbringung einer wäßrigen Harnstofflösung 4 in ein in einer Abgasleitung 42 geführtes stickoxidhaltiges Abgas 5 eines nicht weiter dargestellten Verbrennungsmotors. Ein solcher Verbrennungsmotor kann beispielsweise in einem Nutzfahrzeug, wie z. B. einem LKW, einer Lokomotive oder einem Schiff, eingebaut sein.

In der Figur erkennt man einen Vorratsbehälter 6 für die Harnstofflösung 4, wobei der Vorratsbehälter 6 eine thermische Isolierung 7, eine Entlüftungsvorrichtung 8 und einen Wärmetauscher 10 aufweist. An den Vorratsbehälter 6 ist eine Harnstoffzuführungsleitung 12 angeschlossen, die — der Reihe nach — über einen weiteren separaten Vorratsbehälter 14, einen Filter 16, eine Pumpe 18 und ein Rückspül-Ventil 20 in einer als Austrittsöffnung 22 vorgesehenen Düse 24 endet.

Das Rückspül-Ventil 20 ist als Drei/Drei-Wegeventil ausgeführt. Im oberen Teil des Rückspül-Ventils 20 ist eine Druckluftzuführungsleitung 26 angeschlossen, die von einem Druckluftbehälter 28 ausgeht. Das Rückspül-Ventil 20 weist weiter einen Steuereingang 30 auf, der in hier nicht weiter dargestellter Weise an einen Bordcomputer für die Steuerung des Verbrennungsmotors und der Pumpe 18 für die wäßrige Harnstofflösung 4 angeschlossen ist. Mittels dieses Steuereingangs 30 wird die Funktion des als Drei/Drei-Wegeventils ausgestalteten Rückspül-Ventils 20 festgelegt.

Das Rückspül-Ventil 20 hat drei steuerbare Funktionsweisen. Die erste Funktion 32 sieht einen ungehinderten Durchlaß der wäßrigen Harnstofflösung 4 vor. Die zweite Funktion 34 sieht ein Absperren der Harnstoffzuführungsleitung 12 in Richtung zum Vorratsbehälter 6 hin und ein Ausblasen der Harnstoffzuführungsleitung 12 in Richtung zur Austrittsöffnung 22 hin vor. Die dritte Funktion 36 verhält sich umgekehrt zur Funktion 34.

Bei der Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors befindet sich die Harnstofflösung 4 vollständig in den Vorratsbehältern 6 und 14. Bei einer Außentemperatur unter dem Gefrierpunkt der wäßrigen Harnstofflösung 4 kann es insbesondere bei längeren Standzeiten trotz der thermischen Isolierung 7 des Vorratsbehälters 6 zu einem Einfrieren der wäßrigen Harnstofflösung 4 kommen. In einem solchen Betriebsfall kann nun entweder nach Anlassen des Verbrennungsmotors oder auch be-

reits vor dem Anlassen des Verbrennungsmotors mittels einer elektrischen Heizung 38, die einen Wärmetauscher 40 mit Wärme versorgt, ein geringes Startvolumen 4' an Harnstofflösung 4 in dem als Zwischenbehälter dienenden Vorratsbehälter 14 aufgetaut werden. Diese aufgetaute Harnstofflösung 4 wird dann mittels der Pumpe über das Filter 16 und das Rückspül-Ventil 20 (in Funktion 32) zur Austrittsöffnung 22 befördert. Dort wird die wäßrige Harnstofflösung 4 feinvird in das Abgas 5, das in der Abgasleitung 42 des Verbrennungsmotors strömt, eingebracht. Damit die Harnstofflösung 4 auf dem Weg zur Austrittsöffnung 22 nicht in der Harnstoffzuführungsleitung 12 einfriert, kann zusätzlich eine Heizung für die Harnstoffzuführungsleitung 12 vorgesehen sein, die durch die strichpunktierten Linien 44, 46 parallel zur Harnstoffzuführungsleitung 12 angedeutet ist. Hierbei kann die Wärmeenergie elektrisch oder auch über das Kühlmittel des Verbrennungsmotors herangeführt werden. So ist es vorstellbar, daß die Harnstoffzuführungsleitung 12 wie eine Koaxialleitung aufgebaut ist, in der in der zentralen Ader die Harnstofflösung 4 strömt und in dem äußeren Mantel das Kühlmittel.

Mit zunehmender Betriebsdauer des Verbrennungsmotors erwärmt sich das Kühlmittel. Dieses kann beispielsweise in den Wärmetauscher 10 strömen und auf diese Weise das Auftauen der überwiegenden Harnstofflösungsmenge im Vorratsbehälter 6 bewirken. Der Vorratsbehälter 6 weist zusätzlich einen Temperatursensor 47, beispielsweise ein Thermoelement, auf, mit dessen Temperatursignal ein einstellbares Ventil 48 angesteuert werden kann, das die Durchflußmenge des Kühlmittels im Wärmetauscher 10 einstellt. Die von dem Wärmetauscher 10 auf die Harnstofflösung 4 übertragene Wärmemenge wird also mittels des einstellbaren Ventils 48 durch eine Einstellung der Kühlmittelflussrate reguliert. Auf diese Weise ist eine Thermostatisierung der im Vorratsbehälter 6 befindlichen Harnstofflösung 4 möglich. Durch diese Thermostatisierung wird als positiver Nebeneffekt eine Steigerung der Dosiergenauigkeit von üblicherweise volumetrisch arbeitenden Dosiereinrichtungen erzielt. Weiter wird ein Überhitzen der Harnstofflösung 4 sowohl im Vorratsbehälter 6 als auch im Vorratsbehälter 14 vermieden, was ansonsten bereits in den Vorratsbehältern 6 und 14 zu einer Hydrolyse der Harnstofflösung zu Ammoniak führen würde. Diese Hydrolyse ist aber unerwünscht. Während des Betriebes des Verbrennungsmotors wird der Druckluftbehälter 28 mit Druckluft 29 aufgeladen. Der hier nicht weiter beschriebene Bordcomputer steuert die pro Zeiteinheit in das Abgas 6 eingebrachte Menge der Harnstofflösung 4 entsprechend der im Abgas 6 enthaltenen Stickoxidrate.

Im Anschluß an den Betrieb des Verbrennungsmotors ist es insbesondere bei Außentemperaturen unterhalb des Gefrierpunktes der wäßrigen Harnstofflösung 4 zur Vermeidung von Frostschäden vorgesehen, die Harnstofflösung 4 aus den frostgefährdeten Teilen der Einrichtung 2 zu entfernen. Diese Teile sind insbesondere das Filter 16, die Pumpe 18, das Rückspül-Ventil 20, die Düse 24 sowie die gesamte Harnstoffzuführungsleitung 12. Hierzu wird nun zunächst die Funktion 34 und dann die Funktion 36 des Rückspül-Ventils 20 ausgeübt. Es könnte ebenso gut auch umgekehrt verfahren werden.

Mittels der Funktion 34 wird die noch in der Harnstoffzuführungsleitung 12 zwischen dem Rückspül-Ventil 20 und der Düse 24 in der Harnstoffzuführungsleitung 12 befindliche Harnstofflösung 4 in die Abgaslei-

tung 42 ausgeblasen. Weil dieses Stück Harnstoffzuführungsleitung 12 im Vergleich zur Gesamtlänge der Harnstoffzuführungsleitung 12 besonders kurz ausgeführt ist, wird auch nur eine geringe Menge Harnstofflösung 4 in die nun nicht mehr vom Abgas 6 durchströmte Abgasleitung 42 eingeleitet. Die ausgetragene Harnstofflösung 4 kann beispielsweise an den heißen Wänden der Abgasleitung 42 verdampfen. Der bei der Hydrolyse (Verdampfung) entstehende Ammoniak wird in dem der Düse 24 in der Abgasleitung 42 nachgeschalteten und hier nicht weiter dargestellten Katalysator adsorbiert.

Mittels der Funktion 36 des Rückspül-Ventils 20 wird daran anschließend die gesamte übrige Harnstoffzuführungsleitung 12 sowie die darin angeordnete Pumpe 18 und das darin angeordnete Filter 16 mit der Druckluft harnstofffrei gespült. Es ist hier vorgesehen, daß die Größe des als Zwischenbehälter dienenden Vorratsbehälters 14 so gewählt ist, daß das Volumen zur Aufnahme der rückgespülten Harnstofflösung 4 inklusive eines mit Luft gefüllten Dehnungsvolumens ausreicht. Diese rückgespülte Harnstofflösung 4 wird dann bei erneuter Wiederinbetriebnahme des Verbrennungsmotors als gegebenenfalls mit nur geringer elektrische Heizleistung auftaubares Startvolumen verwendet.

In nicht weiter dargestellter Weise kann an den Vorratsbehälter 6 und gegebenenfalls auch an den Vorratsbehälter 14 eine Entlüftungs-/Druckentlastungsleitung, die in die Abgasleitung 42 in Strömungsrichtung des Abgases 5 vor dem hier nicht weiter dargestellten Katalysator zur Stickoxidminderung mündet, angeschlossen werden, wie dies beispielsweise auch aus der EP 0 577 853 A1 bekannt ist.

Die vorstehend beschriebene Einrichtung 2 gewährleistet somit jederzeit, daß unabhängig von den Außentemperatur während des Betriebes des Verbrennungsmotors immer die zur katalytischen Umsetzung der Stickoxide erforderliche Harnstoffmenge bereitgestellt werden kann. Sie gewährleistet ebenso, daß die gesamte Einrichtung 2 vor Frostschäden bei Außentemperaturen unterhalb des Gefrierpunkts der Harnstofflösung 4 geschützt ist.

Die in der Figur beschriebene Einrichtung kann ebenso auch in Anlagen der chemischen Industrie, in der Flüssigkeiten durch Freileitungen geführt werden, verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Einrichtung (2) zur Einbringung einer Flüssigkeit (4) in ein Strömungsmedium (5) mit einem Vorratsbehälter (6) für die Flüssigkeit (4), einer daran angeschlossenen Flüssigkeitszuführungsleitung (12), die in einer Austrittsöffnung (22) für die Flüssigkeit (4) endet, wobei der Vorratsbehälter (6) und die Flüssigkeitszuführungsleitung (12) beheizbar sind, und wobei eine Heizung (38) zur Verflüssigung eines im Bezug zum Volumen des Vorratsbehälters (6) kleinen Startvolumens (4') vorgesehen ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Startvolumen (4') in einem separaten Behälter (14) bevorratet wird.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Beheizung des Startvolumens (4') eine elektrische Heizung (38) vorgesehen ist.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorratsbehälter

(6) und die Flüssigkeitszuführungsleitung (12) mittels eines flüssigen Heizmediums beheizbar sind.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeitszuführungsleitung (12) elektrisch beheizbar ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß dem Vorratsbehälter (6) Mittel zur Temperaturüberwachung (47) und/oder Thermostatisierung (10, 48) zugeordnet sind.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit (4) eine wäßrige Harnstofflösung ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Strömungsmedium (5) das Abgas eines Verbrennungsmotors ist.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Flüssigkeitszuführungsleitung (12) ein Rückspül-Ventil (20) vorgesehen ist, das mit einem unter Druck stehenden Gas (29) beaufschlagbar ist.

10. Verwendung einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in der Abgasreinigungsanlage eines Nutzfahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor, insbesondere einem mit Luftüberschuß betriebenen Verbrennungsmotor.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

